

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže

Studijní program: B2341 Strojírenství
Obor: 2301R030 Výrobní systémy
Zaměření: Řízení výroby

Racionalizace výrobního procesu v podniku LETOV LETECKÁ VÝROBA s.r.o. Praha-Letňany

Rationalization of production process in LETOV LETECKÁ VÝROBA s.r.o. Praha-Letňany

KOM - 1156

Michal Sztemon

Vedoucí práce: Ing. Jiří Lubina, Ph.D.

Konzultant: Petr Havelka, vedoucí logistiky LETOV LETECKÁ VÝROBA s.r.o.

Počet stran: 48

Počet příloh a tabulek: 4

Počet obrázků: 20

Počet modelů nebo jiných příloh: -

27. května 2011

Anotace

Označení BP: 1156

Řešitel: Michal Sztemon

Racionalizace výrobního procesu v podniku LETOV LETECKÁ VÝROBA s.r.o. Praha-Letňany

ANOTACE:

Práce se zabývá výrobními procesy v podniku LETOV, popisuje jejich slabá místa a navrhuje racionalizaci procesů prostřednictvím moderních metod pro řízení výroby – Kaizenu, štlé výroby, 5S a dalších.

Rationalization of production process in LETOV LETECKÁ VÝROBA s.r.o. Praha-Letňany

ANNOTATION:

The work deals with production processes in company LETOV, describes their weak spots and proposes rationalization of these processes through modern methods of production management – Kaizen, lean production, 5S and others.

Klíčová slova: RACIONALIZACE, VÝROBNÍ PROCES, KAIZEN, ŠTÍHLÁ VÝROBA

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2011

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 48

Počet příloh: -

Počet obrázků: 20

Počet tabulek: 4

Počet diagramů: -

Poděkování

Úvodem bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Jiřímu Lubinovi, Ph.D., za vedení této bakalářské práce, jeho podnětné rady a připomínky při jejím vypracování.

Děkuji rovněž konzultantovi práce, panu Petru Havelkovi a všem dalším zaměstnancům firmy LETOV LETECKÁ VÝROBA s.r.o., kteří mi poskytli řadu hodnotných informací a připomínek a našli si čas na zodpovězení všech mých dotazů týkajících se této společnosti.

Obsah

Obsah	5
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	6
Úvod	7
1 Seznámení s produkcí firmy	8
1.1 Historie firmy	8
1.2 Současnost.....	9
2 Analýza výrobního systému firmy.....	11
2.1 Výrobní systém firmy Letov	13
2.2 Slabá místa	15
2.3 Náměty k řešení	17
3 Teoretická východiska	19
3.1 Kaizen	21
3.2 Total Quality Control (TQC)	23
3.3 Hladká (štíhlá) výroba a Just-in-time	25
3.4 Muda	26
3.5 Toyota Production System	28
3.6 5S	29
3.7 Poka-yoke.....	31
4 Případová studie	33
4.1 Popis montáže, nalezené problémy	34
4.2 Cíle a metody	36
4.3 Výsledky zefektivnění montáže	38
4.4 Ekonomické zhodnocení	40
5 Shrnutí poznatků, návrhy opatření.....	42
5.1 Shrnutí poznatků	42
5.2 Návrhy opatření.....	43
Závěr	45
Použitá literatura	46
Seznam obrázků	47
Seznam tabulek	48

Seznam použitých zkratek a symbolů

CNC (Computer Numeric Control) – číslicové řízení počítačem

ERP (Enterprise Resource Planning) – informační systém podniku

SAP (Systems – Applications – Products) – nejznámější světový ERP systém

5S – princip řízení, pět kroků dobrého hospodaření

TQC (Total Quality Control) – princip řízení, absolutní kontrola kvality

PDCA (Plan, Do, Check, Act) – postup pro zavádění nových standardů

JIT (Just-in-time) – metoda řízení výroby, systém právě včas

TPS (Toyota Production System) – společensko-technický výrobní systém

Linear – lineární frézovací centrum, pracoviště firmy Letov

Alodine – příprava povrchu před lakováním, pracoviště firmy Letov

Úvod

Téma bakalářské práce vzniklo na základě požadavku firmy LETOV LETECKÁ VÝROBA s.r.o. (dále jen Letov). Hlavním motivem byla snaha podniku o přezkoumání stávajících výrobních procesů nezávislými očima a navržení alternativ, které by mohly být posléze využity v provozu.

Práce je rozdělena do pěti základních kapitol, členění respektuje dílčí cíle navržené v zadání bakalářské práce. V první kapitole je tak popsána historie společnosti a její současná produkce. Druhá kapitola analyzuje výrobní systém firmy, rozdělení výroby do hal a slabá místa současného výrobního systému. Třetí kapitola podrobně rozebírá nejvýznamnější principy řízení výroby a přináší potřebný teoretický základ. V této části práce jsou rovněž naznačeny výhody moderních způsobů řízení výroby a pozitiva, která firmám přinášejí.

Čtvrtá kapitola je věnována případové studii, kdy je na montáži jednoho výrobku ukázáno, jakým způsobem lze využít moderní metody řízení výroby ke zvýšení efektivity a zkrácení doby výroby. Pátá kapitola shrnuje obecné poznatky získané studiem výrobních procesů v podniku Letov a navrhuje, které způsoby řízení by mohly být využity pro další racionalizaci výroby.

Bakalářská práce vychází z české i zahraniční literatury zabývající se moderními způsoby řízení výroby, využívány byly rovněž firemní zdroje společnosti. Informace z internetových zdrojů byly využívány pouze pro doplnění textu obrázky a v případě, že jiné oficiální zdroje nebyly k dispozici.

1 Seznámení s produkcí firmy

Společnost Letov Letecká výroba s.r.o. se sídlem v pražských Letňanech navazuje na tradici společnosti Letov (později Rudý Letov) a zabývá se zejména výrobou a montáží dílů pro letecký průmysl.

1.1 Historie firmy

Firma Letov byla prvním výrobcem letadel na území bývalého Československa, byla založena v roce 1918 pod názvem Továrna na letadla. Hlavním účelem byla oprava letounů získaných po druhé světové válce, zároveň ale také šlo o vývoj a konstrukci nových, moderních letadel. První letoun vlastní konstrukce Š-1 byl představen veřejnosti v roce 1921, jeho konstruktérem byl Alois Šmolík, který navrhl celkem 36 strojů a byl hlavním konstruktérem společnosti až do roku 1939, kdy podnik obsadila německá okupační správa. V průběhu války podnik fungoval jako opravna letadel německé Luftwaffe, v této době byl začleněn do koncernu Junkers.



Obr. 1.1 - Cvičný letoun L-29 Delfín [8]

Po druhé světové válce byla firma přejmenována na Rudý Letov a zabývala se zejména produkcí letadel postavených na bázi německých strojů (např. Letov L 290 Orel či cvičný letoun C2-A/B) a výrobou kluzáků (např. Letov LF-107 Luňák). Po dohodnutí úzké spolupráce mezi Československem a Sovětským svazem byly v podniku vyráběny součásti (křídla a zadní části trupu) sovětských letadel MiG-15, MiG-19 a MiG-21. Počátkem šedesátých let zahájil Letov ve spolupráci s Aerem Vodochody vývoj cvičných letounů, produkty této spolupráce byly mimo jiné letouny L-29 Delfín

(viz Obr. 1.1, vyrobeno zhruba 3500 kusů) a L-39 Albatros (vyrobeno asi 2800 kusů), které byly dodány do řady zemí, zejména do států Varšavské smlouvy a jejich tehdejších partnerů. [6], [7]

1.2 Současnost

Po svržení socialistického režimu a ztrátě drtivé většiny odbytišť v roce 1989 byl Letov donucen k výrazným změnám ve své produkci, od roku 1991 dodává díly a podsestavy pro letouny Airbus. Divize firmy zabývající se touto produkcí byla v roce 1997 z podniku vyčleněna jako Letov Letecká výroba s.r.o. a od roku 2000 je součástí francouzského koncernu Groupe Latécoère, jenž dodává komponenty pro letadla Airbus, Boeing, Embraer a Bombardier.

Aktuální produkce firmy Letov Letecká výroba s.r.o.:

- Montáž dveří pro cestující pro Airbus A320
- Montáž dveří horní paluby, výroba dílů a sestav mechanismů dveří pro Airbus A380
- Montáž dveří pro cestující, servisních a nákladových dveří, výroba dílů a sestav dveřních mechanismů pro Embraer ERJ 170
- Výroba kompozitních dílů kostry dveří a obrábění dveřních mechanismů letounu Boeing B787
- Montáž dveří zavazadlového prostoru, výroba dveřního mechanismu letounu Dassault Falcon 7X
- Výroba a montáž skříní palubní elektroniky pro Airbus A380
- Výroba a montáž skříní palubní elektroniky pro Airbus A400

Výrobní procesy ve firmě zahrnují mimo jiné obrábění pomocí vertikálních a horizontálních CNC center (viz. Obr. 1.2), tváření plechů, broušení, lakování, povrchovou ochranu, protahování, válcování, montáž a kontrolu kvality. Společnost používá stroje značek Deckel Maho, MAZAK, INDEX, Kellenberger, Scholz, Pinette a dalších.

Letov Letecká výroba s.r.o. je držitelem řady certifikátů kvality, které jsou nezbytné pro působení v leteckém průmyslu, a to např. certifikátu kvality dle normy AS/EN 9100, jenž konkretizuje všeobecné požadavky standardu ISO 9001 pro letecký

průmysl. Tento certifikát byl vydán pro výrobu, zkoušení a prodej letadlových dílů a sestav a také pro provádění povrchových ochranných a nedestructivních zkoušek.



Obr. 1.2 - Vertikální obráběcí centrum MAZAK Nexus 6000 [7]

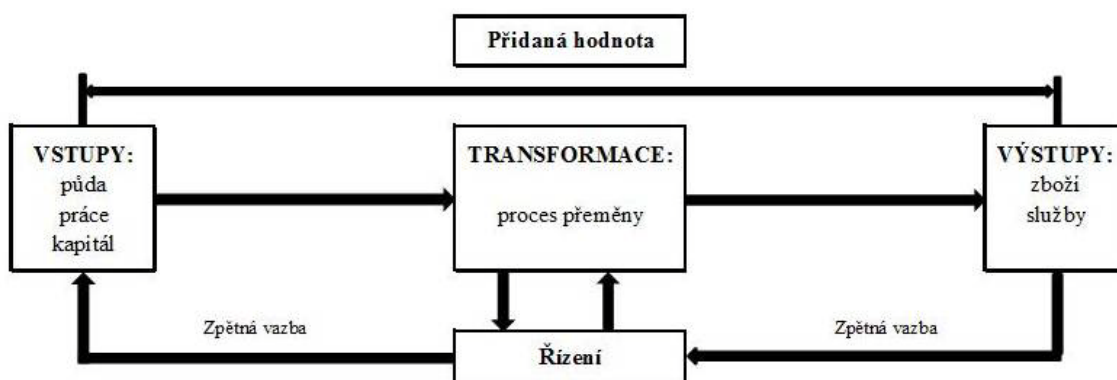
Výroba je pod pečlivým dohledem koncernu Groupe Latécoère, ve spolupráci s francouzským majitelem jsou rovněž pořádána školení klíčových zaměstnanců, a to jak v České republice, tak v sídle koncernu, francouzském Toulouse. Z důvodu lepší kooperace s dodavateli a odběrateli byl v roce 2009 zaveden informační systém SAP a firma se stále snaží zlepšovat kvalitu výroby.

V současné době má firma více než 500 zaměstnanců, z nichž je asi 300 výrobních dělníků, 20 režijních dělníků a 180 technickohospodářských pracovníků. Většina zaměstnanců je ve společnosti zaměstnaná dlouhodobě, fluktuace dosahovala v posledních letech 5-8% ročně.

Výroba a montáž probíhá celkem ve 4 halách označených M4, M5, M6 a M7, další dvě haly v areálu (dříve využívané) byly pronajaty externím firmám po zeštíhlení výroby a odstranění duplicitních pracovišť. V hale M5 probíhá výroba a vývoj kompozitů pro společnost Boeing, přístup zde mají pouze pověřené osoby.

2 Analýza výrobního systému firmy

Výroba spotřebovává výrobní vstupy (půda, práce, kapitál) k tvorbě produktů a služeb za použití transformačních procesů. V obecném pojetí můžeme veškeré tyto transformační procesy nazvat výrobními systémy. Na výrobě leží odpovědnost za tvorbu dobře prodejného zboží, za které zákazníci zaplatí. Rozdílem mezi náklady pořízených vstupů a hodnotou výstupů je přidaná hodnota, a abychom dosáhli její maximalizace, je potřeba výrobní procesy bedlivě sledovat a řídit (viz. Obr. 2.1). [4]



Obr. 2.1 - Výrobní systém a přidaná hodnota [4]

V minulém století převládaly ve světě výrobní systémy založené na principu tlaku – zboží bylo vyrobeno, navezeno do skladu a až pak se pro něj hledalo uplatnění na trhu. Výroba byla prováděna v dávkách bez větší koordinace mezi pracovišti, důraz byl kladen na množství. To už dnes není možné, neboť zvýšení konkurence a odbourání řady mezinárodních obchodních bariér způsobuje, že nejsložitější je výrobek prodat, vyrobit jej levně s dostatečnou kvalitou by zvládla řada společností. Není náhoda, že značná část spotřebního zboží je vyráběna v Číně a dalších zemích s levnou pracovní silou. Společnosti se v tomto případě zaměřují hlavně na vývoj produktu a na prodej a marketing a samotnou výrobu delegují na čínského partnera (byť pod dohledem vlastních odborníků a s podmínkou dodržení požadované kvality).

Na výrobní systém a organizaci výroby má významný vliv rozsah jejího výstupu. Ten předurčuje použité technologie, způsob výroby a také počet a cenu specializovaných strojů a nástrojů (např. přípravky).

Z hlediska rozsahu rozlišujeme čtyři typy výrob:

- Projekt – výrobní činnosti směřují k dosažení unikátního výrobního cíle, např. vývoje nového výrobku, výroby součástky raketoplánu anebo instalace nové výrobní linky. Projekt má regulovaný časový rámec, pevný začátek a konec prací.
- Kusová výroba – produkuje určitý typ různých výrobků v malých množstvích a je většinou spojena s technologickým uspořádáním výrobního procesu. Typickým příkladem kusové výroby je produkce lodí a letadel (viz Obr. 2.2), kusovou výrobou jsou produkovány i boxy pro letouny Embraer, jejichž montáž bude probrána v kapitole 4.
- Sériová výroba – týká se produkce jednoho nebo několika podobných výrobků/služeb s využitím určitého počtu specializovaného zařízení. Pokročilý stupeň standardizace umožňuje dosáhnout značné efektivity, při výrobě používáme určitý počet specializovaného zařízení.
- Hromadná výroba – je využívána při produkci uniformních výrobků a služeb. Umožňuje dosáhnout nejvyššího stupně efektivity, je charakteristická předemným uspořádáním výrobního procesu. Typickým výrobním zařízením je montážní linka s nasazením vysoce specializovaného zařízení a automatizace.



Obr. 2.2 - Výroba letadel Boeing – typický příklad kusové výroby [10]

Obecně rozlišujeme 5 druhů inovačně-technologických strategií:

1. Komoditní strategie – konkurujeme hlavně cenou, jejího snížení docílíme zejména zvyšováním objemu výroby a snižováním nákladů. Pro tuto strategii potřebujeme trhy s vysokým odbytem, těch je ale ve světě stále méně.
2. Technologicky orientovaná strategie – v níž podnik klade důraz na technologickou exkluzivitu v rámci oboru prostřednictvím masivních investic do výzkumu a vývoje. V případě této strategie hrozí, že vyčkávající konkurence dokáže uspět na úkor původního výrobce, a to lepší orientací na zákazníka a úpravami již prosazeného výrobku.
3. Strategie orientovaná na jakost – nabízí zákazníkům pouze bezvadné výrobky (např. dle norem ISO 9000). V současnosti už zákazník vynikající kvalitu očekává a je tedy zapotřebí soustředit úsilí firmy i na další aspekty produktu.
4. Strategie orientovaná na služby – vychází z přesvědčení, že zákazník nechce CNC soustruh, ale včas a kvalitně vyrobené obrobky. Firma mu proto nabízí rovněž pomoc, dokumentaci, servis, údržbu a další služby.
5. Strategie orientovaná na zákazníka – kdy předpokládáme, že zákazník není závislý na nás, ale my na něm. Proto podrobně zkoumáme jeho potřeby a názory a snažíme se mu vyhovět. Tato strategie v sobě integruje některé z výše jmenovaných. [4]

2.1 Výrobní systém firmy Letov

Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.2, Letov se zabývá výrobou a montáží dílů pro letecký průmysl. Firma je úzce specializovaná a vyrábí převážně kusovou výrobou, a to jak technologickým, tak předmětným uspořádáním výrobních procesů. Ve výrobních halách najdeme např. pracoviště obrábění, povrchové ochrany, tváření plechů, lakovnu, výrobu kompozitních dílů, montážní dílny, pracoviště kontroly a sklady materiálu a rozpracované výroby.

Poněvadž firma produkuje součástky pro letecký průmysl, musí vyrábět pouze naprosto bezvadné produkty. Ty jsou velmi pečlivě kontrolovány v průběhu výroby i montáže, ale rovněž po dodání výrobcům letadel (Airbus, Boeing, Embraer, Bombardier).

Rozdělení výroby do hal:

- M4 – všechny montáže pro Embraer a Airbus A320, dílna kinematiky a mechanismů
- M5 – výroba a vývoj kompozitů, všechna výroba pro Boeing
- M6 – administrativní centrum (podpora prodeje, plánování výroby, finanční oddělení, controlling), veškeré obrábění (CNC i klasické), výroba a tváření plechů, lakovna
- M7 – montáže Airbus A380 a A400, montáže Dassault Falcon 7X, centrální sklad

Informační systém byl v podniku Letov zaveden na vyžádání majitele Groupe Latécoère, společnost využívá ERP systém od společnosti SAP, který integruje a automatizuje velké množství procesů souvisejících s produkcí. Konkrétně jde o SAP R/3, kde využívá následující moduly:

- SD (podpora prodeje) – zde dojde k prvotní inicializaci výroby (zákazník objedná výrobek)
- PP (plánování výroby) – obsahuje kusovníky pro jednotlivé výrobky, zkontroluje, zda jsou součástky ve skladu a buď zahájí výrobu anebo objedná chybějící části
- MM (skladové hospodářství a logistika) – vše, co souvisí se skladováním a toky zboží a polotovarů, sleduje nadlimitní a podlimitní zásoby
- QM (management kvality) – zahrnuje vstupní kontrolu kvality (při dodání materiálu), průběžnou i výstupní, vyhodnocuje kvalitu pro jednotlivé dodávky a dodavatele
- FI-CO (finanční účetnictví a controlling) – kalkulace a sledování nákladů, informace pro ekonomické řízení společnosti, měření výkonnosti procesů a činností

Společnost Letov se snaží vyrábět co nejvíce polotovarů svépomocí, má proto obráběcí centra, stroje na tváření plechových dílů a také pracoviště povrchové ochrany a lakovnu. Některé polotovary je potřeba nakupovat (hutní materiál, velké nosníky), a to převážně od firem z Německa, USA a Francie. Dříve putovala značná část objednávek

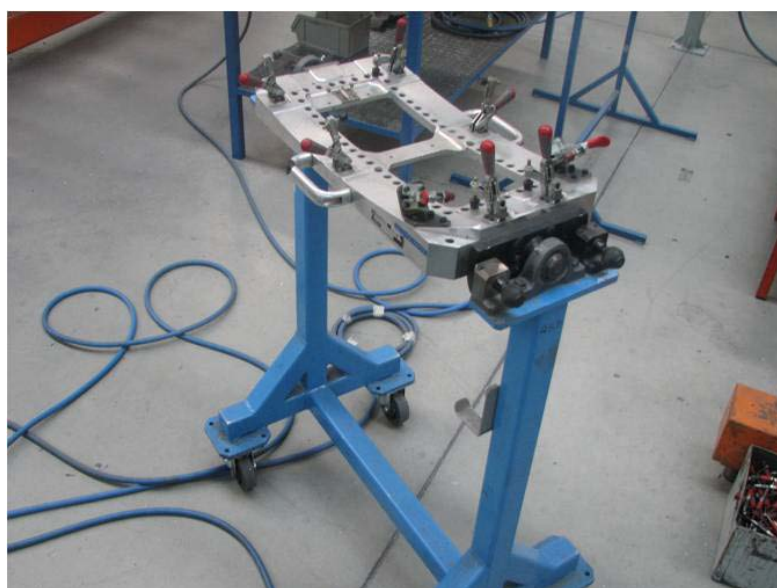
prostřednictvím Groupe Latéère, nyní již ale francouzský vlastník podporuje samostatné nákupy Letova.

2.2 Slabá místa

Výrobní linky jsou poměrně dlouhé a zaměstnanci tráví značný čas (a vynakládají značné úsilí) transportem rozpracovaných výrobků. Umístění některých strojů je dáno historicky, v minulých letech proběhly přesuny části výroby s důrazem na její větší integraci, to ale funguje jen pro některé výrobní procesy. Pro jiné (velké obráběcí stroje, tváření plechů, lakovna) tohle není možné, neboť pro své fungování vyžadují speciální podmínky (bezprašnost, hlukové odstínění).

Zásadním problémem je layout jednotlivých pracovišť – ten nevyhovuje moderním metodám řízení (např. 5S) a zaměstnanci nemohou v nepořádku najít příslušné nástroje. Pro některé součástky (např. spojovací materiál) musí chodit do skladu, a tak se snaží udržovat na pracovištích více materiálu, než je nezbytně nutné.

Další nedostatky layoutu jsou v oblasti ergonomie – např. na pracovišti kinematiky jsou použity hadice na vzduch, které volně leží na zemi a zaměstnanci je musí překračovat a zakopávají o ně (viz Obr. 2.3). Při použití jiného typu hadic by takové problémy nenastaly. Podobně na pracovišti montáže dochází v jejím průběhu k posunování přípravků a stolů – za pomoci jiných nástrojů (anebo lépe po návrhu nových) by nedocházelo ke zdržování a k možnému dopadu na kvalitu.



Obr. 2.3 - Nevyhovující hadice na pracovišti kinematiky

Pracoviště kontroly má na starosti široké portfolio různých výrobků, při kontrolách dochází často ke zpožděním a leckdy není jasné, který výrobek má prioritu. Dochází zde jak k přetěžování zaměstnanců, tak i ke zdržením ve výrobních procesech.

Část výrobního prostoru je zabrána pro skladování rozpracovaných výrobků a zaměstnanci tak mají méně prostoru pro svou skutečnou práci. Další nevýhodou této skutečnosti jsou větší požadavky na regály, ty by mohly být využity na jiných pracovištích (anebo by nemusely být vůbec přikupovány). To se týká jak regálů na rozpracované výrobky, tak regálů na spojovací materiál.

S množstvím rozpracovaných výrobků souvisejí i problémy při jejich označování (viz Obr. 2.4). To není jednoznačné a může se tak stát, že kontrola po některých procesech proběhne dvakrát anebo se zaměstnanec musí zeptat svého předchůdce, v jakém stavu rozpracovaný výrobek je. Tím se ztrácí čas a zaměstnanci vykonávají zbytečnou práci. Tato práce nejenže nepřispívá ke konečnému výsledku, ale rovněž podryvá ochotu zaměstnanců podílet se na zlepšování procesů ve firmě, ať již metodami kaizen anebo jinými.



Obr. 2.4 - Sklad dílů pro Airbus A380

Ve spolupráci s vybranými zaměstnanci jsme objevili tyto problémy:

- Řada pracovišť je nevhodně prostorově uspořádána.
- Část výrobních cyklů trvá příliš dlouho a je zdržována věcmi, které lze odstranit.
- Množství rozpracované výroby je vysoké a neodpovídá průměrným požadavkům na výrobu dokončenou, zaměstnanci se tak snaží „bojovat“ s případnými zdrženými či problémy.
- Dochází k poruchám strojů, je třeba dlouho čekat na opravu.
- U některých procesů chybí analýza časů a akcí.
- Na pracovištích je mnoho regálů, řada z nich je nedostatečně označena a (nebo) přeplněna.
- Nástroje jsou nevhodně uskladněny, na pracovištích je řada nástrojů a přípravků, které se již nepoužívají.
- Na pracovištích je nábytek, který není zapotřebí.
- Na výkresech chybějí některé parametry.
- Pro některé procesy chybějí výrobní návodky, u jiných jsou návodky zastaralé.
- Některá pracoviště mají nedostatek světla, není využíváno přirozené světlo.
- Zaměstnanci mají málo možností zapojit se do zlepšování procesů, pak nejsou na jejich zavádění nijak interesováni.

2.3 Náměty k řešení

Jistě není možné zastavit na několik týdnů výrobu a začít zkoumat, vylepšovat a přesouvat všechny procesy. Nejjednodušším způsobem je zaměřit se na menší části a snažit se o jejich vylepšení. V minulosti bylo tímto způsobem reorganizováno pracoviště výroby kompozitních dílů, které bylo kompletně přesunuto do haly M5 na základě požadavku firmy Boeing anebo sklad hutního materiálu, jenž byl po uvolnění haly M2 přesunut do haly M6.

Větší racionalizační projekty firmu teprve čekají, měly by proběhnout po plánovaném přesunu části výroby z francouzského Toulouse do Letova. Dobrou příležitostí je i zavádění výroby nové (v poslední době např. výroba a montáž komponent pro Airbus A400).

Jako aktuální náměty k řešení navrhuji:

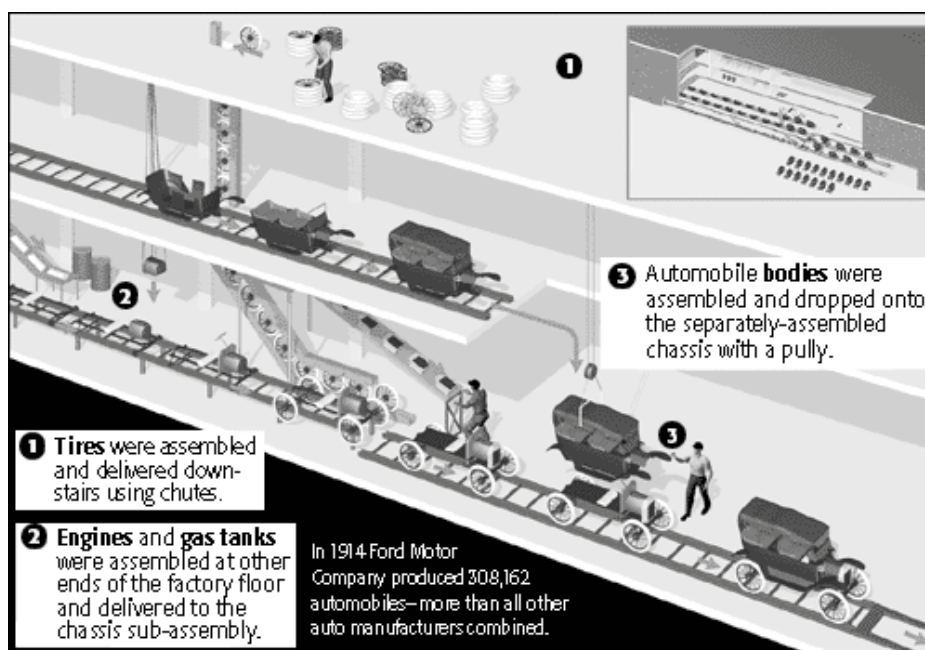
- Uspořádání pracoviště výdejny náradí (nyní málo prostoru)
- Úprava pracoviště kinematiky (v létě dorazí nové výrobní programy, je potřeba přizpůsobit layout)
- Zefektivnění montáže boxů Embraer (dlouhá doba výroba, velké množství rozpracovaných výrobků)
- Zlepšení přípravy kitů pro boxy Embraer (není zaveden vizuální management, je nutno dělat časté inventury)
- Reorganizace skladových zásob pro Airbus A380 (zkrácení doby přípravy, lepší označování)
- Zlepšení funkce pracoviště kontroly (nedostatek prostoru, nejsou jasně určeny priority kontrolovaných výrobků)

Konzultantem z firmy Letov mi bylo pro další rozpracování doporučeno zefektivnění montáže boxů Embraer, kterému se také budu věnovat v kapitole 4 – případové studii. K tomu budou potřeba moderní metody řízení výroby (kaizen, hladká výroba, 5S a další), které budou rozebrány v následující kapitole.

3 Teoretická východiska

Důležitým předpokladem prosperity nejen strojírenského podniku je konkurenční výhoda – podnik musí umět vyrábět lépe a/nebo levněji než konkurenti a neustále inovovat svůj sortiment, aby vyhověl měnícím se požadavkům zákazníků. Inovace a podnikání dnes ve výrobních systémech směřují k získání vysoké pružnosti a rychlé sebeobnově, v nastolování hladkého toku produkce. Pro výrobní manažery to znamená učinit z nápadů a podnikavosti na svých pracovištích zcela normální, průběžnou a každodenní činnost. [4]

Za průkopníka moderní výroby je považován Američan Henry Ford, jenž zavedením pásů ve svých továrnách výrazně zlevnil produkci vozů a učinil automobily dostupnější širokým vrstvám obyvatelstva. Během deseti let (1908-1918) Ford ovládl trh s automobily ve Spojených státech, když polovina všech vozů na ulicích byla Ford Model-T. Cena tohoto automobilu klesla z původních \$825 v roce 1908 až na \$360 v roce 1916. Henry Ford se snažil o rozdělení pracovních úkonů mezi pracovníky a optimalizaci úkonů tak, aby linka mohla jet co možná nejvyšší rychlostí (viz Obr. 3.1).



Obr. 3.1 - Schéma výrobní linky Ford Motor Company (1914) [11]

V českých zemích ukázal ostatním cestu ke zlepšování Tomáš Baťa a z rodinné ševcovské dílny vybudoval díky řadě inovací podnik světového významu. Zaměstnanci dostali šanci podílet se na chodu podniku jak pomocí tzv. samosprávných dílen

(průběžná kontrola kvality), tak i formou mzdy účastí na zisku. Dříve než většina ostatních také Tomáš Baťa pochopil velký význam reklamy a rovněž začal využívat tzv. „baťovských“ cen (tedy 99 Kč místo 100 Kč).

Rozmach moderních výrobních systémů je spojen zejména s Japonskem po druhé světové válce, v průběhu dvou desetiletí se ze země stala hospodářská a průmyslová velmoc. Kromě tradiční pracovitosti japonského obyvatelstva stálo za rozvojem vstřebání velkého množství technologií dovezených ze Spojených států a Evropy, růst produktivity práce, vysoký stupeň výrobní flexibility a také celostátní program zdokonalení kvality, inspirovaný myšlenkami amerických odborníků Williama Edwardse Deminga a Josepha Mosese Jurana. Společností, která se díky těmto systémům stala světovým oborovým lídrem hned v několika oblastech (kvalita, rychlost dodávek, později i počet výrobků), je Toyota. Po prohrané druhé světové válce byla situace v japonském automobilovém průmyslu neradostná, nicméně díky zavedení řady moderních systémů a nápadů do praxe se Toyota rychle dostala na čelo světového automobilového vývoje a její Toyota Production System je příkladem komplexního systému výroby, z něhož si ostatní výrobci brzy začali brát příklad.

Mezi principy moderního řízení výroby řadíme mimo jiné:

- Kaizen
- Total Quality Control (absolutní kontrola kvality)
- Just-in-time (právě včas)
- Lean Manufacturing (štíhlá výroba)
- Toyota Production System
- Six Sigma
- Total Productive Maintenance (absolutní údržba výrobních prostředků)
- 5S
- Kanban („štítek“)
- Poka-yoke (minimalizace neúmyslných chyb)

3.1 Kaizen

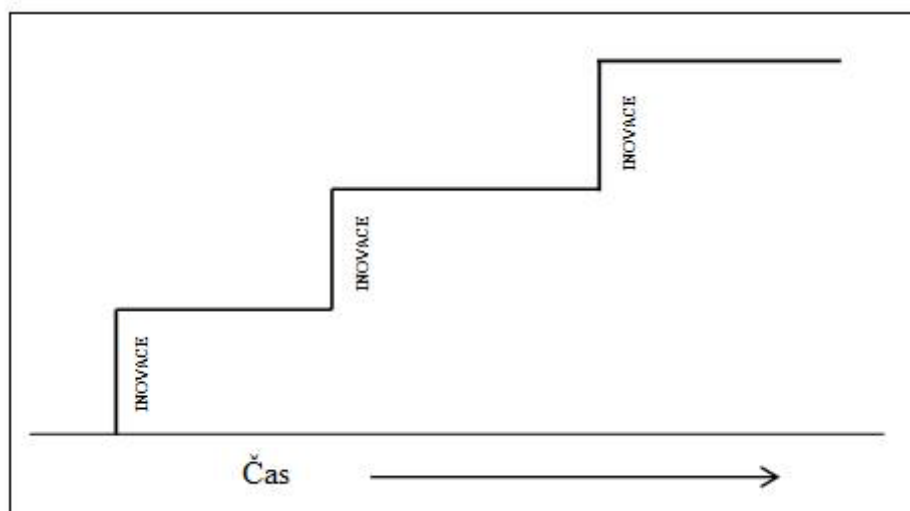
Pojem kaizen (kai – změna, zen – dobře) znamená „*probíhající zdokonalení, týkající se všech – vrcholového i středního managementu, stejně jako všech zaměstnanců*“. [2], str. 15 Dvěma základními elementy systému kaizen jsou zlepšování/změna a pokračování/návaznost. Pokud jeden z těchto elementů chybí, nejedná se o kaizen. Kaizen se neuplatňuje pouze ve výrobě, jeho principy jsou velmi dobře použitelné i v osobním životě a snaha o neustálé sebezdokonalování je hluboce zakořeněna v japonské mentalitě.

Existují dva základní přístupy k pokroku – postupný a skokový. Zatímco většina západních firem dává přednost skokovému přístupu (inovaci), japonské firmy se snaží nejdříve využít všech stávajících možností (kaizen) a inovovat až posléze. Nutno dodat, že přístup kaizen je většinou levnější a umožňuje, aby se do řízení firmy prostřednictvím zlepšovacích návrhů zapojili i dělníci. Inovace je viditelná na první pohled, poutá na sebe pozornost a je leckdy jednodušší pro takovouto zásadní změnu získat podporu vedení firmy.

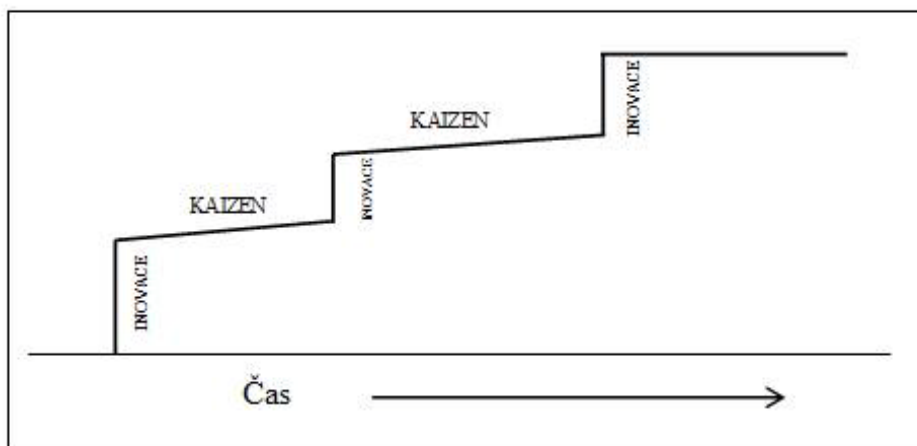
	Kaizen	Inovace
Účinek	Dlouhodobý a dlouho trvající, nedramatický	Krátkodobý, ale dramatický
Tempo	Malé kroky	Velké kroky
Časový rámec	Kontinuální a přírůstkový	Přerušovaný a nepřírůstkový
Změny	Postupné a neustálé	Náhlé a přechodné
Účast	Všichni	Několik vybraných „šampionů“
Přístup	Kolektivismus, skupinové úsilí, systémový přístup	Drsný individualismus, individuální nápady a úsilí
Typ změny	Udržování a zdokonalování	Přestavba od základů
Impuls	Konvenční know-how	Technologické průlomy, nové vynálezy, nové teorie
Praktické požadavky	Minimální investice, ale velké úsilí na udržení	Vysoké investice, ale málo úsilí na udržení
Zaměření úsilí	Lidé	Technologie
Kritéria hodnocení	Procesy a úsilí o dosažení lepších výsledků	Výsledky a zisk
Výhody	Funguje dobře v pomalu rostoucí ekonomice	Vhodnější pro rychle rostoucí ekonomiku

Tab. 3.1 - Srovnání hlavních rysů kaizen a inovace [2]

Z Tab. 3.1 je jasné patrné, že inovace mají několik významných předpokladů (vysoké investice, dostupnost nejmodernějších technologií), zatímco zlepšování pomocí systému kaizen je možné provádět i bez nich. Kaizen je však náročnější na angažovanost a úsilí a je nezbytné zapojit do něj všechny zaměstnance. U inovací předpokládáme pokrok ve skocích (viz Obr. 3.2), ve skutečnosti ale po každém skoku následuje postupná degradace, ať už vlivem silné konkurence anebo nedodržováním nově nastavených standardů. Je proto výhodnější kombinovat inovace se systémem kaizen (viz Obr. 3.2), dosáhneme tak pokroku postupného i skokového zároveň a také zainteresujeme zaměstnance do snahy o zlepšení.



Obr. 3.2 - Ideální průběh inovace [2]



Obr. 3.3 - Inovace plus kaizen [2]

3.2 Total Quality Control (TQC)

Možností, jak využívat ve výrobě systém kaizen, je mnoho, jednou z nich je absolutní kontrola kvality neboli Total Quality Control. V tomto případě se nejedná o kontrolu kvality prováděnou specialisty, ale o systém, jak v rámci podniku dodržovat kvalitu za pomoci všech pracovníků. Možná lepší termín zachycující tento způsob kontroly kvality je Company Wide Quality Control (celopodniková kontrola kvality), nicméně v praxi se používá označení TQC, a proto jej budu používat i v této práci.

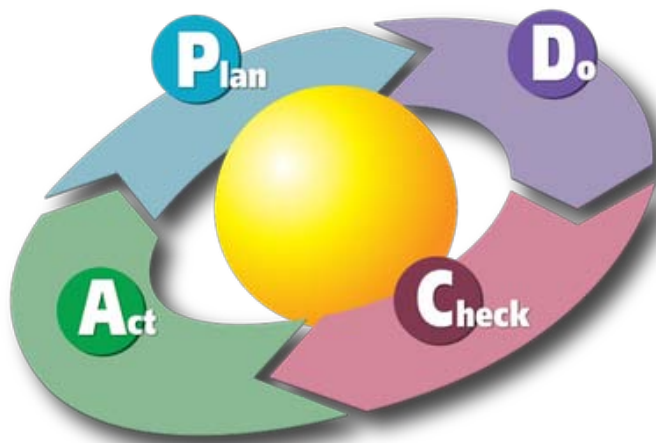
„Třemi základními stavebními kameny podniku jsou hardware (stroje a další výrobní zařízení), software (znalosti, informace, know-how) a humanware (lidské zdroje, potenciál zaměstnanců).“ [2], str. 60 Pro absolutní kontrolu kvality je nezbytné začít právě u zaměstnanců, až posléze má smysl zabývat se stroji a znalostmi.

Lidé musí být schopni identifikovat a řešit problémy a posléze navrhnout takové standardy, aby k těmto problémům již dále nedocházelo. Velmi důležité je myšlení zaměřené na proces – management by měl sledovat jednotlivé kroky procesu a ne pouze výsledek („tvrdá data“).

TQC se nejčastěji zabývá těmito oblastmi:

- Záruka kvality či jakosti
- Snižování nákladů
- Plnění výrobních kvót
- Plnění plánu dodávek
- Bezpečnost práce
- Vývoj nových produktů
- Zvýšení produktivity
- Řízení dodavatelů

William Deming přinesl do praxe tzv. Demingovo kolo, v němž popisuje posloupnost kroků pro zlepšování procesů. Z něj se vyvinul postup PDCA (Plan-Do-Check-Act, viz Obr. 3.4), kde P znamená „plánuj“ (návrh zlepšení v postupech s využitím statistických a jiných nástrojů), D je pak „udělej“ (realizace plánu). C znamená „zkontroluj“ (zda se zlepšení dostavila) a A „uskutečni“ (zavedení nových postupů jako standard, zamezení návratu původních nedostatků). [2]



Obr. 3.4 - Cyklus PDCA [13]

Jedním z problémů, který úspěšný podnik musí vyřešit, je jakým způsobem detekovat výrobky neodpovídající kvality (zmetky). U řady firem funguje pouze výstupní kontrola, ta však na zmetek přijde pozdě (po provedení všech dalších úkonů) a podnik tak zbytečně vynakládá prostředky na práci na vadném výrobku a nemá možnost ihned opravit pracovníka, který pracuje chybně.

Tomáš Baťa tento problém vyřešil pomocí tzv. samosprávných dílen, kdy každá dílna si při přejímce zkontrolovala kvalitu předchozí práce a pak zodpovídala za bezvadnou kvalitu. Podobným způsobem řeší zmetky i TQC – jak uvedl Kaoru Ishikawa ve svém slavném citátu: „*Každá následující fáze výrobního procesu představuje zákazníka.*“ [2], str. 67. Tento citát byl přetaven do systému kanban, jehož prvním pravidlem je, že zmetek se neposílá do dalšího výrobního procesu.

Další významnou složkou TQC jsou kroužky kontroly kvality, do nichž se dobrovolně zapojují zaměstnanci a řeší problémy, se kterými se na pracovišti setkávají. Může jít například o rychlejší postup konstrukce, šetření energií, častější komunikace pracovníků s dodavateli, odstranění nadbytečných činností, snížení množství přesčasů pomocí zvýšení efektivity a podobně. Daří se tak zapojit do rozvoje podniku zaměstnance, kteří zároveň získávají cenné zkušenosti s řešením problémů.

Rozumní manažeři se znalostí moderního řízení jsou ochotni podpořit jakékoli změny, jejichž výsledkem je:

- Ulehčení práce
- Odstranění těžké fyzické práce
- Odstranění nepříjemných aspektů práce
- Zvýšení bezpečnosti práce
- Zvýšení produktivity práce
- Zvyšování kvality produktů
- Úspora času a nákladů

Tím se odlišují od méně progresivních vedoucích pracovníků, jejichž jediným kritériem je čistě ekonomický efekt. [2]

3.3 Hladká (štíhlá) výroba a Just-in-time

Jaké cíle bychom si měli klást při projektování hladkého výrobního toku? V ideálním případě by výsledkem měly být nízké zásoby, krátké průběžné doby výroby, krátké dodací lhůty zákazníkům a odpovídající využití kapacit. S využitím dalších principů moderního řízení zmíněných v předcházejících bodech této kapitoly bychom měli dosáhnout i snížení zmetkovitosti a nedodělků, nastavit systém zvyšování kvalifikace, orientovat podnik na zákazníka a procesy nepřetržitě zlepšovat. [1]

Termín hladká výroba používáme pro vyjádření kvalitní výroby s naprosto minimálními časovými ztrátami. Vzniká jako výsledek intenzivního úsilí ve výše zmíněných oblastech, zakládá se na práci vysoce kvalifikovaných pracovníků, kteří se snaží o neustálé zdokonalování výrobních postupů. Typické pro hladkou výrobu je, že se pracovníci snaží předcházet problémům, tím roste produktivita výroby i kvalita výrobků.

Just-in-time (JIT) je metodou řízení výroby, v níž je provoz, pohyb materiálu i zboží uskutečňován co nejrychleji a nejúsporněji, podle aktuální potřeby, v co nejmenších výrobních dávkách. [4] Cílem je zamezit plýtvání prostředky, časem, kapacitami a omezit další ztráty. Takto získaný kapitál je pak možné věnovat na vývoj nových výrobků a na lepší proškolení personálu.

Základní součásti JIT:

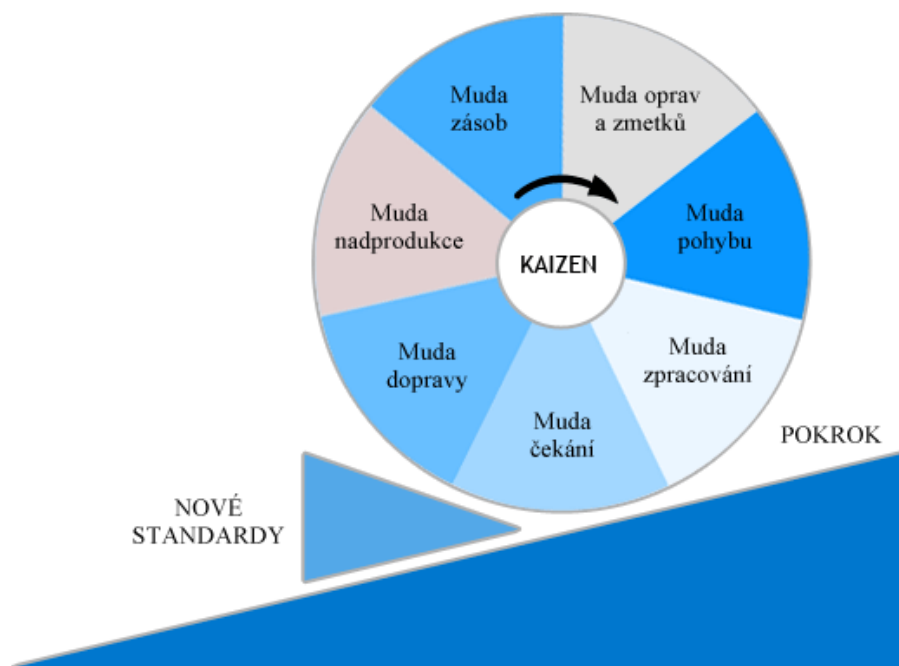
- Vysoká úroveň kvality (vadné výrobky zastavují linku, tomu je potřeba se vyhnout)
- Hladký výrobní tok (každá činnost musí být koordinována vůči ostatním činnostem)
- Nízké zásoby (nižší náklady, méně skladů, odhalí nedostatky)
- Malé výrobní dávky (další zvýšení pružnosti výroby)
- Účelné rozmístění strojů (zkrátí přepravní vzdálenosti, zrychlí výrobu)
- Spolehliví dodavatelé (dodají materiál včas a v požadované kvalitě)
- Tažný systém výrobního toku zboží (je třeba vyrábět jen zboží, které se následně prodá)

3.4 Muda

Pokud se podíváme podrobněji na aktivity na pracovišti, zjistíme, že se dají rozdělit na dvě kategorie – buď přidávají hodnotu produktu anebo nepřidávají. Jestliže například dělník jde 50 metrů pro určitý nástroj do skladu, v této době hodnotu nepřidává. Taiichi Ohno, otec systému Toyota Production System, označil tyto činnosti souhrnně jako muda, což v překladu znamená odpad anebo plýtvání.

Muda dělíme do sedmi kategorií (viz Obr. 3.5):

- Muda nadprodukce
- Muda zásob
- Muda oprav a zmetků
- Muda pohybu
- Muda zpracování
- Muda čekání
- Muda dopravy



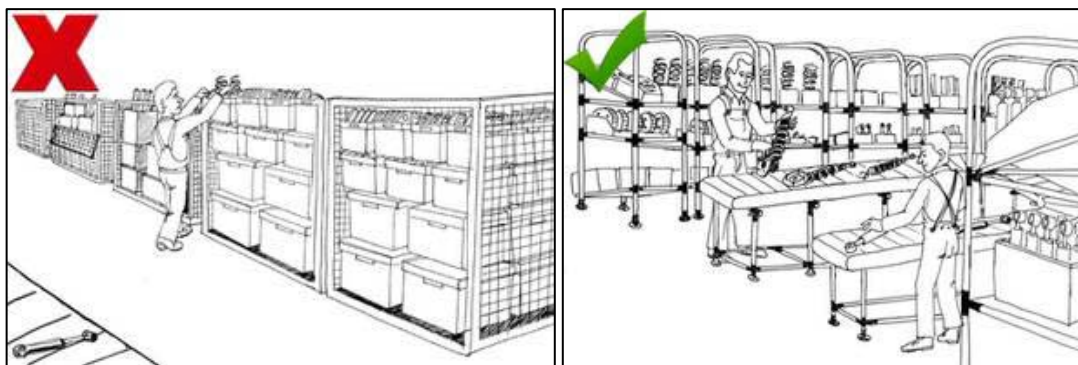
Obr. 3.5 - Sedm druhů muda [12]

Muda nadprodukce znamená, že vyrábíme víc než je potřeba, což je v absolutním rozporu se systémem Just-in-time (právě včas). Kromě několika zřejmých důsledků (nákup a spotřeba surovin předtím, než jsou potřeba; prostorové nároky na uskladnění zásob; zvýšení administrativních nákladů) má i důsledek na první pohled méně zřetelný – pomáhá zakrýt různé problémy a odpírá informace, které by mohly být vodítkem pro moderní řízení. [3]

Nadbytečné hotové a rozpracované výrobky, díly a součástky – tyto zásoby nijak nepřidávají hodnotu, naopak je potřeba je uskladnit a přepravovat pomocí manipulační techniky. Jejich kvalita navíc časem klesá a v případě požáru nebo jiné pohromy to může společnost stát značné finanční prostředky.

Velmi nákladné jsou rovněž opravy a zmetky – v prostředí hromadné výroby může stroj vyrobit mnoho vadných kusů, než se přijde na chybu. Je jednodušší (i levnější) těmto chybám předcházet, a to jak kvalitní konstruktéřskou prací, tak správnou údržbou strojů.

Chůze zaměstnanců po pracovišti a jejich těžkou fyzickou práci (přemisťování těžkých předmětů) řadíme do muda pohybu – je potřeba řádně zaznamenat všechny pohyby zaměstnance v průběhu směny a optimalizovat uspořádání pracoviště. (viz Obr. 3.6)



Obr. 3.6 - Chybné (vlevo) a správné (vpravo) uložení dílů [12]

Další plýtvání penězi a zdroji nastává, pokud není správně zvolená technologie či stroj. Může tak docházet jak ke zpracování v jemnějším stupni, než je nezbytné, tak i k nutnosti dalších technologických postupů (broušení), které by jinak nebyly nutné. Poslední skupinou muda je doprava – vozit materiál a rozpracované produkty na dlouhou vzdálenost je nejen časově a finančně nevýhodné, ale rovněž může v průběhu přepravy dojít k poškození.

Dle výroku Masaaki Imaie: „*Nejlepší věc, jakou může podnik se svými dopravními pásy udělat, je prodat je konkurenci.*“ [3], str. 83

3.5 Toyota Production System

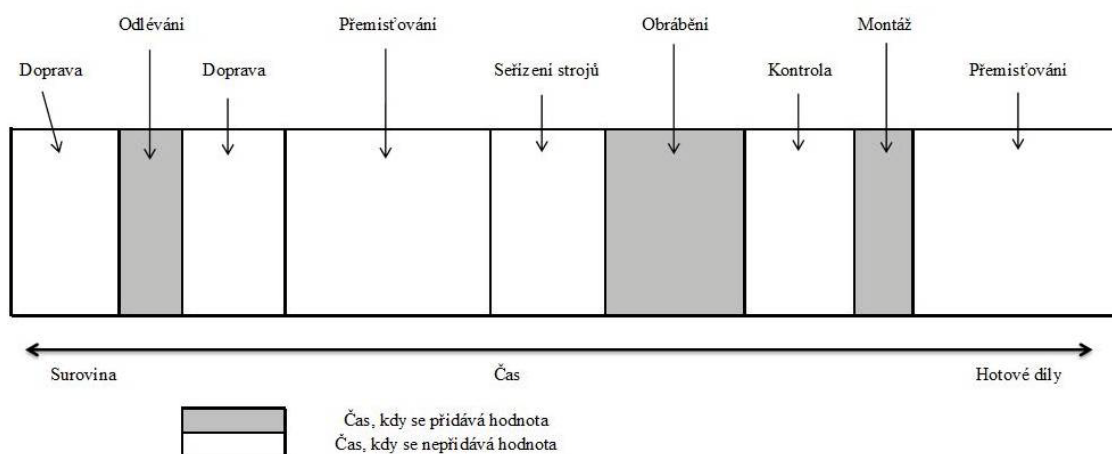
Toyota Production System (výrobní systém Toyota, TPS) je společensko-technický výrobní systém vyvinutý automobilkou Toyota mezi roky 1948-1975 a integruje v sobě řadu moderních způsobů řízení (kaizen, Just-in-time, princip tahu, rozložení pracovní zátěže – heijunka, standardizace, odstranění plýtvání - muda atd.). Na TPS později navázal obecnější koncept Lean Manufacturing (štíhlá výroba).

Jedním ze základních principů TPS je jednokusový tok, který umožnil Toyotě bojovat s finanční převahou amerických automobilek po druhé světové válce. Kromě toho, že firmě šetří finanční prostředky (které by jinak byly utopeny v zásobách zboží), umožňuje také pružněji reagovat na požadavky zákazníků a změny ve výrobních technologiích. Nevýhodou je, že všechny části výroby musí fungovat na 100%, jinak linka stojí a podnik neprodukuje výrobky. [5]

Ke ztrátám (muda) probíraným v předchozí kapitole přidává TPS ještě dvě další „M“ - muri (nadměrné přetěžování lidí nebo zařízení) a mura (nevyrovnanost). Jestliže

využíváme zaměstnance anebo stroje nad jejich přirozené meze, budeme mít problémy s bezpečností a jakostí (muri). Mura zase znamená, že někdy bývá více práce a jindy velmi málo. To je běžné takřka při všech činnostech, ale je úkolem manažerů stabilizovat výrobu, aby nedocházelo ani k plýtvání (muda), ani k přetěžování (muri). O to se v systému TPS stará heijunka, neboli vyrovnávání pracovního harmonogramu. Dle slov Taiichi Ohna: „*Pomalejší, avšak vytrvalá želva způsobí méně ztrát a je mnohem vhodnější než rychlý zajíc, který uhání vpřed, a potom se tu a tam zastaví, aby si zdříml.*“ [5]

Při hodnocení výrobního procesu může být rozumným prvním krokem zmapování hodnotového toku a jeho vynesení na časovou osu (viz Obr. 3.7) – uvidíme tak, jak dlouho trvá cesta materiálu/výrobku/informace a jakou část z této cesty zabírají úkony, které přidávají hodnotu.



Obr. 3.7 - Ztráty v hodnotovém systému [5]

3.6 5S

Dalším principem moderního řízení, na který se podíváme blíže, je 5S neboli pět kroků dobrého hospodaření. Metodologii 5S můžeme použít nejen ve výrobě, ale i v nevýrobní sféře, jejím základem je odstranění překážek, které mohou bránit dosažení příslušného cíle. V průběhu let se původních „japonských“ 5S (seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke) přizpůsobilo západním podmínkám a nyní se tak můžeme setkat i se „západním“ 5S (sort, straighten, scrub, systematize, standardize) a také 5C (clear out, configure, clean & check, conform, custom & practice). Myšlenka je nicméně shodná, a proto se budu držet původního značení.

5S – dobré hospodaření v pěti krocích:

- Seiri (roztřídit)
- Seiton (srovnat)
- Seiso (vyčistit)
- Seiketsu (systematizovat)
- Shitsuke (standardizovat)



Obr. 3.8 - Rozmístění pracovních nástrojů po aplikaci 5S [14]

Prvním krokem je seiri, tedy roztřídění všech položek na pracovišti do dvou kategorií – nezbytných a zbytečných. Zbytečné věci jsou označeny červeným štítkem a posléze odstraněny. Přemístěny jsou rovněž věci, které zaměstnanci potřebují pouze občas, a to např. do skladu. Tímto způsobem dosáhneme lepší přehlednosti a zvýšíme pružnost využívání prostoru na pracovišti.

Následuje seiton, kdy klasifikujeme věci, které na pracovišti zůstaly po předchozím kroku, a seřadíme a rozmístíme je tak, abychom co možná nejvíce usnadnili nalezení a používání v provozu. Kromě toho je potřeba specifikovat, kolik příslušných produktů se zde může maximálně nacházet a také zaznamenat (např. označeními na zdech či podlahách), kam přesně položky patří (viz Obr. 3.8).

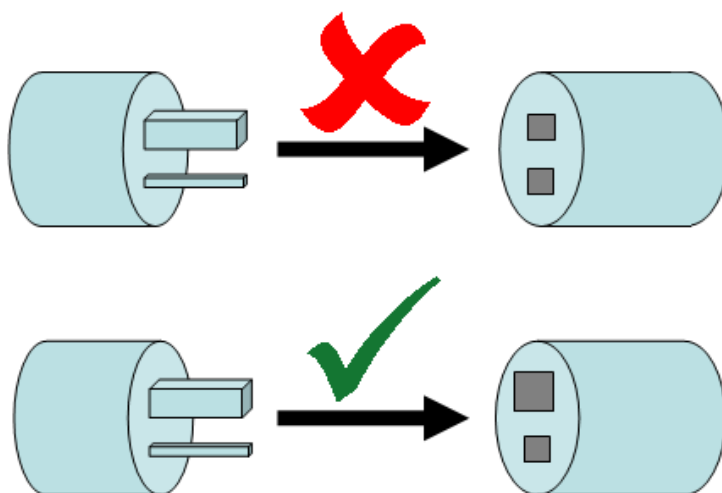
Seiso znamená vyčistit pracoviště (stroje, nástroje, podlahy, zdi), což má kromě zlepšení prostředí pro práci hlavní důsledek v odhalování stávajících i budoucích poruch

a nedostatků. Může jít o úniky oleje, praskliny, uvolněné matice, živé elektrické dráty anebo naopak o nedostatečné mazání. Poslední dva kroky (seiketsu a shitsuke) zaručují, aby metoda 5S nebyla jednorázovou akcí a aby si všichni zúčastnění uvědomili, že pouze pravidelným opakováním všech tří kroků docílí zlepšení. Pracovníci tak musí nosit příslušné pracovní oblečení, neustále udržovat své pracoviště v čistém a přehledném stavu a v zadaných termínech se znovu vrátit pomyslně na začátek a chod pracoviště dále optimalizovat. [3]

3.7 Poka-yoke

Pracovníci ve výrobě se dopouštějí řady chyb, ať už jde o chyby plynoucí ze zapomnětlivosti, špatného označení, přepracování anebo z nedostatečného času na kontrolu. Jedním ze způsobů, jak zvýšit kvalitu výroby, je systém poka-yoke (minimalizace neúmyslných chyb), který do praxe zavedl japonský inženýr Shigeo Shingo a jež se stal součástí Toyota Production Systém. [4]

Poka-yoke (poka – chyba, yokeru – vyhnout se) pomáhá pracovníkům vyhýbat se chybám, a to jak vhodným označováním (barvy, tvary – viz Obr. 3.9), tak kontrolou opakovaných úkonů (např. počty svarů) pomocí speciálních zařízení.



Obr. 3.9 - Rozlišení dílů pomocí metody Poka-yoke [15]

Jeho důležitou vlastností je, že na chybu pracovníka ihned upozorní (světelné, zvukové signály) a ten tak může chybu opravit anebo alespoň neposílat vadný výrobek do další operace. V některých případech může zařízení i zastavit výrobu, a ta může být znovu spuštěna až po korekci chyby.

Možné způsoby aplikace poka-yoke:

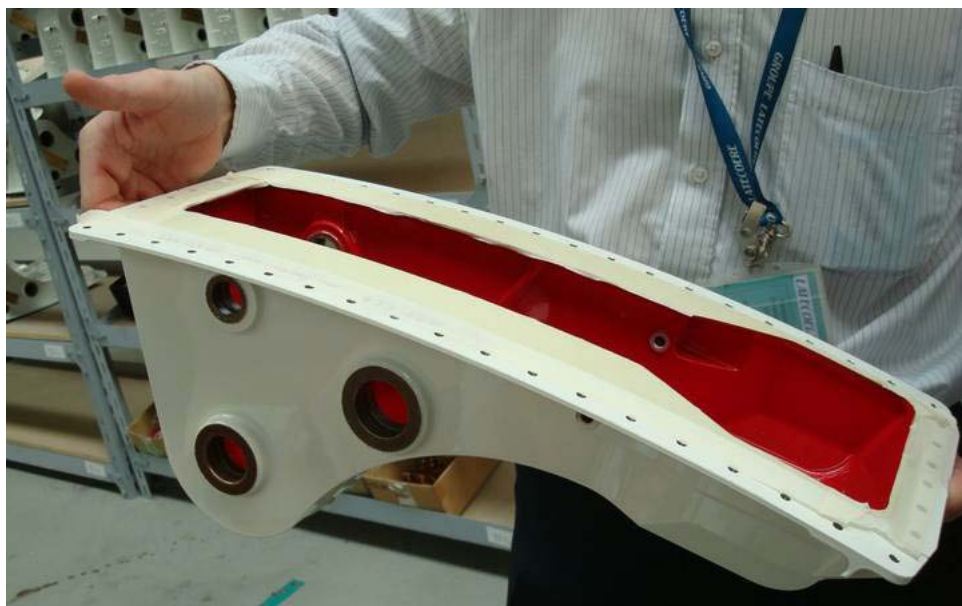
- Barevná a tvarová odlišitelnost konektorů a kolíků – lze spojit pouze jedním, správným způsobem
- Optické snímače – detekují přítomnost a správnou montáž dílu, a pokud neodpovídá, signalizují to obsluze
- Počítadla – počítají počet operací anebo dílů a signalizují odchylku od referenčního počtu

4 Případová studie

Pro případovou studii jsem vybral zefektivnění montáže dveřních boxů pro letouny Embraer, kterých společnost Letov vyrábí cca 20 ks měsíčně. Letoun Embraer ERJ 170 je dvoumotorové letadlo střední velikosti pro maximálně 80 pasažérů s doletem cca 3800 kilometrů. Vyrábí jej brazilský koncern Embraer, první komerční let proběhl v roce 2004 a cena letadla je cca 30-40 miliónů amerických dolarů. Nejvíce těchto letadel v Evropě létá ve službách polské společnosti LOT (20), ve světě jsou využívána zejména na vnitrostátních linkách v Severní Americe. [9]

Box (viz Obr. 4.1) je určen pro umístění dveřního mechanismu letadla, je tedy nezbytné, aby byl vyroben přesně podle specifikací, neboť jen tak lze zaručit správné fungování otevírání dveří, na čemž závisí životy cestujících. Box je vyroben ze slitiny hliníku, což je důležité z důvodu ekonomiky provozu letounu, přináší to ale další požadavky na výrobu.

Box se během montáže pohybuje po několika pracovištích (montáž, tmelení, lakovna, kinematika), řada výrobků je v rozpracovaném stavu a je tak potřeba udržovat vysoké skladové zásoby. Výroba boxů probíhá ve třech fázích – výroba půlboxů, montáž struktury boxu a montáž mechanismů. V této studii se budeme zabývat pouze montáží struktury boxu a montáží mechanismů.



Obr. 4.1 - Box na dveřní mechanismus Embraer

4.1 Popis montáže, nalezené problémy

Výrobní cyklus montáže struktury boxu a montáže mechanismu trvá v současné chvíli 16 dní, podrobně je popsán v Tab. 4.1. V průběhu cyklu jsou výrobky převáženy po podniku, některé operace by pravděpodobně bylo možno sloučit anebo vyškolit současné zaměstnance i pro další potřebné činnosti.

Proces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Montáž 1																
Montáž 2																
Kontrola montáže																
Linear																
Zámečník																
Kontrola linear																
Aplikace Alodine																
Kontrola Alodine																
Montáž 3																
Kinematika 1																
Kinematika 2																
Tmelení																
Lakovna 1																
Lakovna 2																
Kontrola lakovna																
Montáž 4																
Kontrola montáže																
Montáž 5																
Kontrola montáže																
CELKEM dnů																

Tab. 4.1 - Stávající doba výroby (16 dnů)

V průběhu výrobního cyklu box urazí po podniku necelých 600 metrů (viz Obr. 4.2), z montáže jde produkt na pracoviště linear (lineární frézovací centrum), pak je povrch připravován na pozdější lakování na pracovišti Alodine, zpět na montáž, potom na kinematiku, tmelení, do lakovny na nános krycí červené barvy a zpět na montáž.

Mezitím je potřeba několika kontrol (po montáži, linearu, Alodine, lakovně a finální montáži), což provádějí pracovníci oddělení kontroly. Ti jsou poměrně vytížení a může se stát, že ačkoli není potřeba čekat z důvodu technologických, čeká se, až bude mít kontrolor čas. Někteří zaměstnanci se snaží o verbální zvýšení priority jimi operovaného výrobku, což mezi kontrolory vnáší další zmatek.



Obr. 4.2 - Stávající cesta boxů po pracovištích (600 metrů)

Ve výrobním procesu byly objeveny tyto problémy:

- Příliš mnoho prostoru na pracovištích montáže je zastavěno stoly
- Dlouhý a komplikovaný výrobní cyklus
- Na pracovištích montáže je mnoho regálů, jsou nepřehledné a přeplněné
- Špatné označení regálů
- Příliš mnoho vyskladených boxů na montáži (viz Obr. 4.3)
- Posunování stolů a přípravků během montáže
- Málo těsnících gumiček v balení
- Aplikování Alodine je vzdáleno od ostatních operací
- Kontroloři jsou vytíženi
- Nástroje nejsou uloženy systematicky, při práci tak dochází ke zdržením způsobeným hledáním

Výroba probíhá v „zaběhnutých kolejích“, v jednu chvíli je rozpracováno až 80 boxů, i když takové množství není vůbec potřeba vzhledem k poměrně pravidelným požadavkům na dokončení cca 16-24 kusů boxů měsíčně. Tyto boxy zabírají 8 regálů, další 2 regály jsou vyhrazeny na spojovací materiál. Regály překáží zaměstnancům při práci, není v nich pořádek a nalezení potřebných komponent trvá delší dobu.

Zaměstnanci si dále stěžovali na posunování stolů a přípravků během montáže, což může být způsobeno snahou o univerzalitu pracovišť. Mezi méně významné problémy (které se ale přesto vyplatí řešit) patří menší množství těsnících gumiček

v jednom balení. Pracovníci poté musí často rozbalovat balení nová a chodit pro ně do skladu.



Obr. 4.3 - Sklad rozpracované výroby boxů

4.2 Cíle a metody

Při zkoumání montážního procesu boxu Embraer jsem narazil na řadu skutečností, na kterých by se dalo zapracovat. Prvním cílem je zkrátit dobu výroby ze stávajících 16 dnů, což by se mohlo podařit díky sloučení některých procesů dohromady a také díky zavedení samokontroly. Dalším cílem je snížit objem rozpracované výroby ze současných cca 80 boxů, v tomto případě je potřeba odstranit specifikovaná slabá místa a trvat na dodržování maximálního množství boxů vydaných ze skladu, což se v současné době neděje.

Třetím cílem je potom optimalizace layoutu pracovišť, což by mělo zaměstnancům pomoci při plnění stanoveného plánu a také odstranit zdroje možných problémů a zmatků. A konečně čtvrtým cílem je větší zapojení zaměstnanců do výrobního procesu, neboť jejich nápady a náměty mohou posloužit pro další vylepšování výroby. Je potřeba je však přesvědčit, že pokud se budou podílet na zlepšování, bude to znamenat výhodu pro firmu i pro ně osobně.

Hlavní cíle zefektivnění montáže boxů:

- Zkrácení doby výroby
- Snížení objemu rozpracované výroby
- Optimalizace layoutu pracovišť
- Větší zapojení zaměstnanců do procesu

K dosažení navržených cílů pro tento konkrétní případ využijeme některé z metod diskutovaných v kapitole 3. Zavedením samokontroly odstraníme jedno z úzkých míst (pracoviště kontroly) a ušetříme čas i několik transportů rozpracované výroby. Vybrané zaměstnance bude nicméně potřeba proškolit k této činnosti, aby zůstala zachována kvalita.

Zkrácení doby výroby dosáhneme rovněž sloučením dvou operací lakování do jediné. Nyní se lakuje box mezi montážními operacemi, což zaručuje lepší kvalitu nátěru. Jestliže bychom ale dokázali lakovat půlboxy zvlášť, ušetříme jeden transport na montáž. Další transport můžeme ušetřit přesunem aplikování Alodine na pracoviště kinematiky. Oba tyto procesy (Alodine, kinematika) by tak mohly proběhnout souběžně.



Obr. 4.4 - Kit na nástroje používaný v jiném výrobním procesu podniku Letov

Layout pracovišť není v pořádku, proto by v celé výrobě měla být využita metoda 5S (roztřídit, srovnat, vyčistit, systematizovat, standardizovat). Je nezbytné podívat se na nástroje, spojovací materiál a další předměty kritickými očima a

eliminovat věci, které nejsou pro výrobu nezbytné. Tento „úklid“ by měl probíhat pravidelně, neboť v průběhu času se vždy volné místo zase zaplní. Tomu se dá rovněž předejít zavedením tvarově jednoznačných kitů na nástroje (viz Obr. 4.4). Jakýkoli nástroj, který nemá v kitu své místo, nemá na stole co dělat.

Zaměstnancům by mělo být dáno najevo, že o jejich názory je zájem, a to jak prostřednictvím anonymních dotazníků s otázkami na chyby ve výrobním procesu, tak pomocí pravidelných školení týkajících se některých metod moderního řízení výroby (pro začátek zřejmě kaizen a 5S).

Metody navržené k zefektivnění montáže:

- Zavedení samokontroly, a to při montáži a na pracovišti linear
- Přemístění Alodine na pracoviště kinematiky
- Sloučení obou operací lakování do jedné
- Úklid pracovišť a regálů dle metody 5S
- Zavedení kitů na nástroje s jasnou tvarovou odlišitelností
- Seskupení linky pro maximální využití prostoru
- Zavedení užší spolupráce se zaměstnanci a pravidelných školení kaizen

4.3 Výsledky zefektivnění montáže

Navržené metody samozřejmě mají i stinné stránky, s těmi je nutno počítat a předcházet jim. U samokontroly hrozí, že zaměstnanci budou kontrolu odbývat a spolehnou se na skutečnost, že proces vykonali v souladu s návodkou. Zde je zapotřebí jim vysvětlit, že se samokontrolou přichází i odpovědnost a že každý zodpovídá za případné nedostatky.

Při přemístění pracoviště Alodine a sloučení operací lakování se můžeme potkat s technologickými potížemi – pro správné fungování Alodine je nezbytné dodržování čistoty a u lakování musíme vyrobit nový přípravek na umístění boxů. Obojí je nicméně proveditelné. Totéž platí pro zavedení kitů na nástroje – tato praxe již funguje u jiných výrobních procesů v podniku, takže lze vyjít z těchto zkušeností.

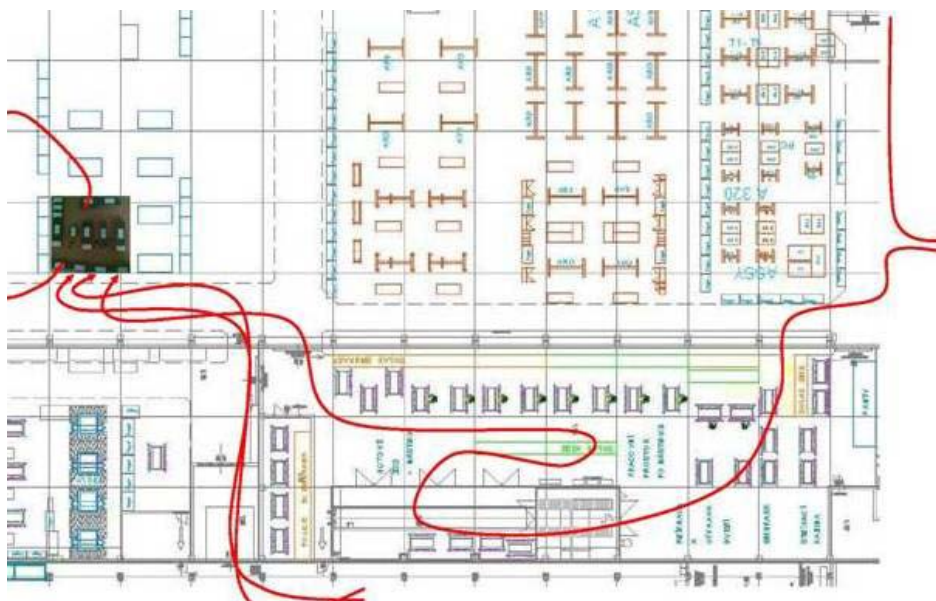
Proces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Montáž 1										
Montáž 2 + samokontrola										
Linear + samokontrola										
Zámečnick										
Alodine + kinematika										
Tmelení										
Lakovna										
Kontrola lakovna										
Montáž 3 + samokontrola										
Montáž 4										
Kontrola montáže										
CELKEM dnů										

Tab. 4.2 - Doba výroby po zavedení navržených opatření (10 dnů)

Když si nově navrženou montáž boxů (viz Tab. 4.2) rozebereme po jednotlivých operacích, tak v úvodu po montáži 1 a 2 místo kontroly následuje samokontrola. Tím bychom ušetřili čas kontrolorů, který může firma využít v jiném výrobním procesu. Poté následuje přesun na lineární frézovací centrum a opět místo kontroly specialisty provedeme samokontrolu. Práci zámečnicků necháme beze změn, velké změny by ale nastaly v následujících procesech, kdy přesunem pracoviště Alodine na pracoviště kinematiky můžeme obě operace sloučit a ušetřit tak čas.

Zároveň není nutné box přesouvat po podniku a my můžeme ušetřit jeho transport. Beze změn zůstane rovněž tmelení, nový postup lakování by nám ale umožnil sloučit obě operace lakování do jediné a opět ušetřit čas. Samokontrola po montáži 3 ušetří práci kontrolorům, kteří se tak budou moci soustředit na závěrečnou kontrolu montáže provedenou po všech operacích.

Celkem by se nám mělo podařit snížit dobu kompletace boxů na 10 dnů (původně 16 dnů), což by jistě vyvážilo možné problémy (zejména potíže při přesunu pracoviště Alodine a nový postup lakování). Současně bychom uvolnili zátěž, která je nyní kladena na pracoviště kontroly a snížili vzdálenost, kterou musí výrobek v průběhu montáže putovat.



Obr. 4.5 - Cesta dílů po pracovištích – navržená (420 metrů)

Navržená cesta dílů po pracovištích má 420 metrů (viz Obr. 4.5), což je o 180 metrů méně oproti cestě původní. Hlavním zdrojem úspory v transportu by byl přesun Alodine na pracoviště kinematiky a zavedení samokontroly po montážích a lineárním frézování. Dalším pozitivem kratší cesty je skutečnost, že při přepravě boxů může dojít k jejich poškození a my tak snížíme i toto riziko.

4.4 Ekonomické zhodnocení

Zlepšení pořádku na pracovišti a zvýšení motivace zaměstnanců jsou jistě výborné důsledky, je ale potřeba zhodnotit i čistě ekonomický přínos zlepšení toku ve výrobním procesu. Mezi nejpoužívanější metody pro zhodnocení investic patří tyto čtyři:

1. Metoda výnosnosti investice (Return on Investment, ROI)
2. Metoda doby návratnosti (Payback Method)
3. Metoda čisté současné hodnoty (Net Present Value of Investment, NPV)
4. Metoda vnitřního výnosového procenta (Internal Rate of Return, IRR)

Vzhledem k jednoduchosti v našem případě použijeme metodu č. 2, dobu návratnosti, neboť pomocí této metody jsou ve firmě běžně prováděny prvotní výpočty ekonomického zhodnocení a srovnání s ostatními projekty tak bude jednoduché.

$$\text{Vzorec doby návratnosti: } T[\text{rok}] = \frac{\sum IN [\text{Kč}]}{\sum CF [\frac{\text{Kč}}{\text{rok}}]} \quad (1)$$

kde T je doba návratnosti v letech, IN jsou investiční náklady na daná opatření v Kč a CF potom finanční úspory, které z investičních nákladů vyplývají (v Kč/rok). [4]

Navržené opatření	Investiční náklady [Kč]	Úspory	Finanční efekt [Kč/rok]
Zavedení samokontroly (školení 3x 2 hodiny)	6 000	Ušetřený čas kontrolorů (2 hodiny/box)	48 000
Přemístění Alodine	20 000	Menší prostor linky a pracovišť (- 60 m ²)	72 000
Sloučení operací lakování (výroba přípravku)	13 000	Zkrácení doby výroby (- 6 dnů/box)	288 000
Zavedení kitů na nástroje (nákup pěny)	10 000		
CELKEM	49 000	CELKEM	408 000

Tab. 4.3 - Ekonomické dopady navržených opatření

Ocenění jednotlivých opatření vycházejí z interních materiálů firmy a nákladů v obdobných projektech. Po dosazení obou celkových čísel námi navržených opatření pro racionalizaci montáže boxů z Tab. 4.3 do vzorce (1) zjistíme, že doba návratnosti je 0,12 roku; tedy 44 dní. Z doporučení pro výrobní podniky vyplývá, že investice se vyplatí, jestliže je zaplácena za 2 roky. Námi navržená opatření by tedy měla být přijata.

5 Shrnutí poznatků, návrhy opatření

V ideálním případě (pakliže by cílem byla pouze co možná nejefektivnější výroba) bychom tedy aplikovali kaizen, celopodnikovou kontrolu kvality, just-in-time, odstranili muda, donutili zaměstnance uklidit pracoviště dle vzoru 5S a vše nechali průběžně zaznamenávat nezávislými konzultanty, kteří by zjišťovali, kde jsou ještě rezervy a co je potřeba dělat dále. Vzhledem k tomu, že všechny tyto systémy vyžadují určitý čas a finance, musíme zvážit naše možnosti a vybírat dle efektivity.

5.1 Shrnutí poznatků

Výrobní procesy v podniku Letov nejsou příliš efektivní, setkáváme se jak s problémy vyplývající z kultury firmy a české společnosti obecně (zaměstnanci mají malý zájem o dění ve firmě, není úsilí procesy zlepšovat, dokud vše funguje), tak i s problémy, které lze řešit poměrně snadno (posunování stolů při montáži).

Jednotlivé problémy diskutované dříve můžeme shrnout do těchto poznatků:

- Layout pracovišť podniku neodpovídá moderním požadavkům z hlediska ergonomie a efektivity, řada nástrojů je nevhodně uskladněna.
- Výrobní procesy jsou často komplikované a výrobky je potřeba transportovat na delší vzdálenosti.
- Počet rozpracovaných výrobků je vysoký, což přináší nadbytečné požadavky na jejich skladování a označování a ukrývá nedostatky ve výrobě.
- U některých procesů nejsou v pořádku výrobní návodky, chybí i analýza časů a akcí.
- Zaměstnanci nepřicházejí se zlepšovacím návrhy a spokojí se s vykonáváním příkazů shora.
- Vytížení zaměstnanců není rovnoměrné, a to ani v čase, ani při srovnání jednotlivých pracovníků.

Prerod podniku v moderní efektivní závod probíhá postupně, na čemž se podílejí i externí konzultanti Groupe Latécoère a zákazníků, stále je ale na čem pracovat. Část problémů vyplývá z nedávného zavedení systému SAP, jenž nahradil dříve užívanou

dokumentaci. Řada pracovníků si na něj ještě nezvykla a není schopna využít jeho předností.

Layout jednotlivých pracovišť vychází z historie a opírá se o myšlenku, že není potřeba zlepšovat fungující systém. Transport výrobků na delší vzdálenost někteří zaměstnanci berou jako pobídku k odpočinku a k diskusím s kolegy na jiných pracovištích, což lze jen obtížně kontrolovat a případně trestat. To souvisí i s vytížením zaměstnanců, neboť tím poškozují své kolegy, kteří musí pracovat i za ně.

Vzhledem k unikátnosti výroby má podnik přímé srovnání efektivity pouze s několika málo konkurenty (např. s mateřským závodem Groupe Latécoère ve Francii) a nemusí tolik dbát na maximální efektivitu jako firmy v jiných odvětvích (typicky výroba automobilových součástek). Oproti těmto konkurentům (zejména ve vyspělých zemích) má ovšem velkou výhodu v podobě nižších nákladů na pracovní síly v České republice.

5.2 Návrhy opatření

Vedení společnosti si je vědomo toho, že v určitých oblastech zaostává za jinými podniky a snaží se nedostatky odstraňovat, prozatím je ale přinejlepším v půli cesty. Podívejme se tedy na metody popisované v kapitole 3 a na jejich vhodnost pro podnik Letov Letecká výroba s.r.o.

Použití metody kaizen je určitě výhodné, neboť ta bojuje s většinou výše diskutovaných poznatků. Zaměstnanci by se měli naučit, že zlepšování výroby je postupný proces a že stále je co zlepšovat. Zároveň by se mohli k výrobě vyjádřit prostřednictvím zlepšovacích návrhů a přispět tak ke zvýšení efektivity vlastní práce. Nezanedbatelnou výhodou metody kaizen je skutečnost, že na ni není potřeba masivních investic.

Využití prvků Total Quality Control (celopodnikové kontroly kvality) jsem již navrhl v případové studii, prostřednictvím samokontroly odpadá část práce přetíženého oddělení kontroly, výrobek nemusí být transportován na pracoviště kontroly a zaměstnanci přejmou plnou odpovědnost za vlastní práci.

Řada metod hladké výroby je již v současné chvíli využívána, podnik má spolehlivé dodavatele, kteří dodávají materiál a polotovary na základě

automatizovaných požadavků SAP systému společnosti Letov. Zároveň ovšem platí, že podnik hřeší na skutečnost, že nemusí osekávat náklady až na dřev a reagovat na nenadálé změny, a tak je objem rozpracované výroby a uskladněného materiálu poměrně vysoký. Jak jsme si ovšem ukázali v případové studii, u některých typů výroby lze množství rozpracované výroby a dobu výroby významným způsobem snížit.

Muda je široký pojem a nějaké plýtvání najdeme v každém výrobním podniku. Při podrobném zkoumání montáže boxů ve společnosti Letov se nám podařilo objevit hned tři typy muda – nadprodukce, zásob a pohybu. Pokud společnost zavede navrhovaná opatření, plýtvání bude sníženo.

Toyota Production System (TPS) jako takový není v podniku využíván a systém výroby ani neumožňuje zavést jeden z principů TPS, kterým je jednokusový výrobní tok. TPS pracuje s pojmem mura (nevyrovnanost zátěže strojů či lidí), tento problém v Letovu nastává a měl by být řešen.

Použití systému 5S bylo navrženo již pro montáž boxu Embraer v případové studii, podnik jej využíval i v dřívější optimalizaci pracovišť montáže. Některá pracoviště zůstala nicméně stranou a na jiných zase nejsou dodržovány poslední dva kroky, tedy systematizace a standardizace. 5S bych určitě navrhl celoplošně s cílem odstranit přebytečné nástroje a materiál z pracovišť a umožnit tak zaměstnancům kvalitnější práci.

S větším využitím metody poka-yoke počítá podnik v budoucnosti, v současné chvíli probíhá projekt s cílem zjistit, na jakých pracovištích mají zaměstnanci problémy plynoucí z neúmyslných chyb.

Závěr

V rámci bakalářské práce byly navrženy způsoby racionalizace výroby v podniku LETOV LETECKÁ VÝROBA s.r.o. Podařilo se ukázat, že i v úspěšné firmě lze zavedením moderních metod řízení snížit průběžný čas výroby, zmenšit množství rozpracované výroby a snížit náklady. Využitím metodiky kaizen, principů štlhlé výroby, systému 5S a dalších racionalizačních opatření rovněž dosáhneme zmenšení prostoru, které výroba zabírá a také lepší konfigurace jednotlivých pracovišť. To by mělo zaručit, že zaměstnanci budou pracovat efektivněji a dojde ke zmenšení prostojů a snížení zmetkovosti.

V případové studii se ukázalo, že i s nepříliš vysokými investičními náklady se dá významně zvýšit efektivita příslušného výrobního procesu. Tím byly splněny cíle stanovené v zadání bakalářské práce, implementace takto navržených změn by měla být v podniku provedena v průběhu tohoto roku.

V podniku byla objevena celá řada problémů a překážek, většinu z nich lze odstranit, negativní vliv jiných lze snížit. Jestliže má být ale racionalizována významná část výroby, je nutné tyto problémy nejdříve objevit a pojmenovat. Zejména z tohoto důvodu doporučuji vedení společnosti, aby pokračovalo ve snaze o racionalizaci a aby přistoupilo k dalšímu rozpracování této tematiky.

Použitá literatura

Knihy:

- [1] MAŠÍN, I.; VYTLAČIL, M.: *Nové cesty k vyšší produktivitě*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. 319 s. ISBN 80-902235-6-7.
- [2] IMAI, M. *Kaizen: Metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2007. 272 s. ISBN 978-80-251-1621-0
- [3] IMAI, M. *Gemba Kaizen: Řízení a zlepšování kvality na pracovišti*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2005. 314 s. ISBN 80-251-0850-3
- [4] KAVAN, M. *Výrobní a provozní management*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. 424 s. ISBN 80-247-0199-5
- [5] LIKER, J. K. *Tak to dělá Toyota*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2007. 390 s. ISBN 978-80-7261-173-7
- [6] NĚMEČEK, V. *Československá letadla (1)*. 3. vyd. Praha: Naše vojsko, 1983. 361 s. ISBN -

Webové stránky:

- [7] LETOV Letecká výroba: <http://www.llv.cz>
- [8] AERO Vodochody: <http://www.aero.cz>
- [9] Embraer: <http://www.embraer.com>
- [10] Boeing: <http://www.boeing.com>
- [11] The Henry Ford: <http://www.thehenryford.org>
- [12] Trilogiq, Lean Manufacturing: <http://www.trilogiq.com>
- [13] Karn G. Bulsuk, Taking the First Step with PDCA: <http://blog.bulsuk.com>
- [14] Lean Reflections: <http://www.leanreflections.com>
- [15] Free Logistics: <http://www.free-logistics.com>

Seznam obrázků

Obr. 1.1 - Cvičný letoun L-29 Delfín [8].....	8
Obr. 1.2 - Vertikální obráběcí centrum MAZAK Nexus 6000 [7]	10
Obr. 2.1 - Výrobní systém a přidaná hodnota [4]	11
Obr. 2.2 - Výroba letadel Boeing – typický příklad kusové výroby [10]	12
Obr. 2.3 - Nevyhovující hadice na pracovišti kinematiky	15
Obr. 2.4 - Sklad dílů pro Airbus A380	16
Obr. 3.1 - Schéma výrobní linky Ford Motor Company (1914) [11]	19
Obr. 3.2 - Ideální průběh inovace [2].....	22
Obr. 3.3 - Inovace plus kaizen [2]	22
Obr. 3.4 - Cyklus PDCA [13]	24
Obr. 3.5 - Sedm druhů muda [12].....	27
Obr. 3.6 - Chybné (vlevo) a správné (vpravo) uložení dílů [12]	28
Obr. 3.7 - Ztráty v hodnotovém systému [5]	29
Obr. 3.8 - Rozmístění pracovních nástrojů po aplikaci 5S [14]	30
Obr. 3.9 - Rozlišení dílů pomocí metody Poka-yoke [15].....	31
Obr. 4.1 - Box na dveřní mechanismus Embraer.....	33
Obr. 4.2 - Stávající cesta boxů po pracovištích (600 metrů)	35
Obr. 4.3 - Sklad rozpracované výroby boxů.....	36
Obr. 4.4 - Kit na nástroje používaný v jiném výrobním procesu podniku Letov	37
Obr. 4.5 - Cesta dílů po pracovištích – navržená (420 metrů).....	40

Seznam tabulek

Tab. 3.1 - Srovnání hlavních rysů kaizen a inovace [2]	21
Tab. 4.1 - Stávající doba výroby (16 dnů)	34
Tab. 4.2 - Doba výroby po zavedení navržených opatření (10 dnů)	39
Tab. 4.3 - Ekonomické dopady navržených opatření	41